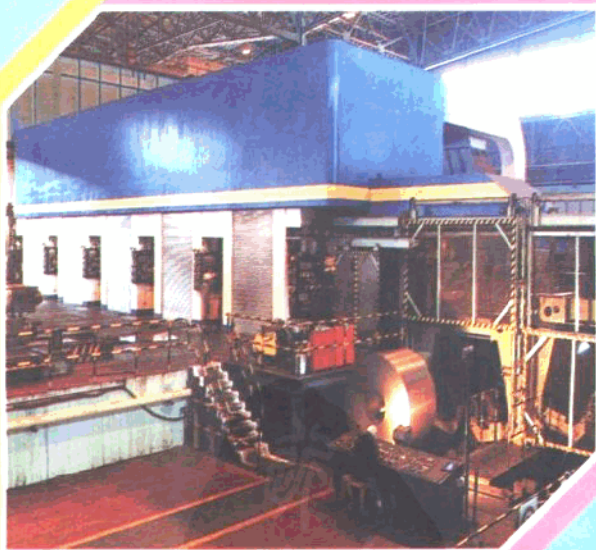


宝钢宽带钢冷轧生产工艺

宣梅灿
徐耀寰
韩静涛
等编著



黑龙江科学技术出版社

宝钢生产技术系列丛书 ①7

《宝钢生产技术系列丛书》

编 委 会

总 顾 问:	王鹤寿			
顾 问:	黎 明	陆 达	朱尔沛	凌华椿
	沈成孝			
编委会主任:	王佩洲			
副 主 任:	徐乐江	高海航	张清朗	陈守群
	徐金梧	樊纯诗		
秘 书 长:	陈云生			
委 员:	徐德鑫	宣梅灿	沈金文	徐耀寰
	伏中哲	林 鞍	李维国	张汝忻
	周建峰	乔润发	刘希光	魏春生
	黄自友	汪景鲁	许茂中	林秀贞
主 编:	徐乐江			
副 主 编:	宣梅灿	韩静涛	何 穷	
编 写 人 员:	宣梅灿	沈文金	徐耀寰	梁桂几
	李振贺	韩静涛	黄 毅	贺城红
	刘雅政	李朝晖	刘 靖	蒋日东
	贺毓辛			
统 稿:	贺毓辛			
审 定:	徐世俊	徐耀寰		

掌握新技術
更善于學習；
更更善于創新。

鄧小平 一九八四年
三月十五日

埋頭育幹從嚴要求
精益求精不斷創新

書贈寶鋼

陳雲生



序 言

王若水

宝钢是我国大型的现代化联合企业,1978年12月23日动工兴建。一期工程以一号高炉为标志,从日本全套引进,后部的钢管厂从德国成套引进,投资128.33亿元。二期工程以二号高炉为标志,包括后部的连铸、热轧、冷轧,高炉系统的设备国产化率达到88%,冷、热轧及连铸设备是与国外合作设计、合作制造,国产设备约占50%,投资172亿元,一、二期工程总投资300亿元。

宝钢是改革开放的产物,是我国建国以来引进技术最多、装备水平最高的现代化大型钢铁联合企业。花巨额投资,引进宝钢的战略意义是推动我国钢铁工业的发展进步,是以小平同志的科学技术思想为指导,勇敢地借鉴外国的先进管理经验,以宝钢实践为基础,探索具有中国特色的社会主义工业建设的新路子。

宝钢建设之初,曾有过一些议论,认为宝钢建设的投资比价太高了。诚然,与过去建设钢铁企业的投资相比,确实高了许多。但这样的比较,却是一个太粗浅而且不正确的比较。从过去一亿元投资建设的钢铁企业的生产效果与宝钢一亿元投资的生产效果相比,就明确无误地证明宝钢的投资效果,远远高于过去建设钢铁企业的投资效果。除这个投资效益之外,还有一个更加重要的意义:宝钢建设采取了当时最高科技水平的钢铁生产设备,这就使我国钢铁工业开始登上了最新科学技术的现代化水平,这个台阶的意义是更加重大的。贫穷不是社会主义,落后的、低下的生产技术水平也不是社会主义。社会主义国家在社会生产力方面奋斗的目

标,是极大地提高社会生产力,造福全国人民。现在宝钢不仅本身体现了钢铁工业向高科技水平的发展方向,而且它的生产新技术正向全国其它钢铁企业辐射。许多大中型钢铁企业都在借鉴宝钢的生产新技术,尽可能的进行适合本身的技术改造,从而提高本企业的产量水平与产品的质量水平。这就是宝钢高科技新技术的重大意义。

十五年间宝钢同志没有辜负全国人民的期望。一期工程 1985 年 9 月一次投产成功,一年达标,二年达产,三年超设计。二期工程 1993 年全面达到设计水平,年产钢 720 万吨、铁 650 万吨、热轧板 400 多万吨、冷轧板 210 多万吨、无缝钢管 50 多万吨。

宝钢生产的钢材品种填补了国家空白,产品纯度高、杂质少、性能好,可以替代进口和可供出口,在国内外市场上有较强的竞争力。

宝钢的经济效益连年大幅度提高,自 1985 年一期工程投产以来,累计上交利税已达 130 亿元,超过了一期工程投资。包括折旧等自有资金积累再投入等,全部经营贡献已超过了 300 亿元以上的总投入。

宝钢的劳动生产率已达到 76 万元/(人·年),远远高于国内同行的水平,已经显示了规模和经济效益的强大威力。

在这里可以看到现实的事实:宝钢现在年产 720 万吨钢,它的职工总数只有 22 000 人,而与它的生产规模大致相等的原有生产设备与生产技术落后的钢铁企业,则需要职工 10 万以上。这不就是社会生产力的优劣明显的差别吗?社会主义物质文明建设,应该采取什么方针,不是不言自明了吗?

宝钢同志遵照小平同志题词“掌握新技术,要善于学习,更要善于创新”的精神,在全国人民的支持下,拼搏了十五年,认真地执行和实现了小平同志的题词指示。

宝钢的工程建设已获得国家级创新成果特等奖。宝钢“大型钢铁企业现代化组织管理体系”的实践与理论研究成果,获得了

1993 年国家级创新成果一等奖。宝钢组织数十名专家、教授编著的《宝钢现代化管理丛书》已经向全国出版发行。宝钢的现代化管理已对我国企业转换经营机制,适应市场经济发展,建立现代企业制度起到了典范作用。

宝钢的生产新技术的创新成果也已于 1993 年 12 月由国家科委批准委托冶金部主持的专家委员会,通过了专家鉴定。

专家们对宝钢生产技术的开发与创新给予了高度的评价,认为综合水平已处于全国领先地位,许多方面具有国际先进水平。

特别是宝钢的炼铁系统技术,1 号高炉已连续生产八年进入第九个年头,年产量仍在 320 万吨设计水平以上。综合技术已超过日本样板厂高炉水平。这也确切地证明我国的工人、技术人员在生产高技术领域中的创新才能。

《宝钢生产技术系列丛书》在宝钢建设十五周年之际,由宝钢的专家们和华东冶金学院、东北大学、北京科技大学的教授们,以及宝钢职工大学的教师们三结合经过三年时间完成了编写工作,总结和反映了宝钢八年的生产实践和科技创新成果,从实践到理论升华,又一次向社会推出了一套软科学的宝贵成果。我国原有的大中型钢铁企业,在这些实践和理论学习中得到启发,将会引起技术改造的热情。这对我国钢铁工业的发展是有巨大意义的。

我衷心祝贺宝钢同志取得的丰硕成果,愿全国钢铁企业的同志在宝钢的建设、生产管理和科技开发创新的发展中,吸取好的经验并发扬光大。

最后,我还想特别向钢铁工业战线上奋斗的同志们提一提“宝钢精神”。宝钢精神的含义是什么,这就是黎明同志所说的:目前宝钢的建设和生产技术水平虽然是高科技现代化的,但是决不应满足于现有的水平,世界的科学技术是不断进步提高的,今日的现代化,如固步自封,明日可能变成落后的。因此,宝钢定下一条奋斗精神,即紧盯住世界科技的发展,一方面追踪这种世界高科技的新发展,又一方面发挥本身科技人员的智慧,在高科技上创新,以

此保证宝钢经常处于钢铁工业的世界高科技水平领域。这种“宝钢精神”的雄心壮志,对我们的所有钢铁企业,应该是有启发意义的。

1994 年 2 月 19 日

编者的话

由于高的技术含量、高的国民经济需求,冷轧带钢生产已成为衡量一个国家钢铁工业水平的重要标志。解放前及解放初期,我国不能生产冷轧宽带钢,这种情况一直延续到鞍钢建成可逆式宽带钢轧机,而后武钢、宝钢、太钢等板带系统相继投产,使我国冷带生产步入一个新的阶段。最近本钢、攀钢等冷连轧机开始运转,宝钢三期板带生产系统正在建设之中,可以预期,到本世纪末我国冷轧生产又走上一个新的台阶,板带紧缺的局面将会从根本上得到解决。

尽管冷带生产已达到相当高的水平,但由于激烈的市场竞争,冷轧的技术进步及现代化并没有停止。相反,新产品、新技术、新工艺、新装备不断涌现。如果我们想在国际市场中占有一定地位,除不断地引进一些必要的新技术外,就要不断消化、吸收、创新,开发自己的新技术,使我国冷轧生产始终保持在高的技术水平上。在此情况下,工程技术人员要不断提高素质,充实才干,不断接受继续教育,更新知识,这样才能胜任所担负的技术工作。

过去的轧制工艺学,限于当时技术水平,多注重工艺和生产过程描述,其中压下规程编制就是这样的典型事例,因而它已不能与现代冷轧技术发展相适应。从工程学的角度来阐述冷轧板带生产就成为非常迫切的了,这也是本书编写的目的。在现代技术发展趋势和科学理论指导下,以技术先进、经济合理为原则,综合材料、工艺、设备、管理等知识,使现代冷轧这一个复杂生产系统实现其最佳动作和机能,这也是本书所追求和希望做到的。

本书为宝钢继续教育丛书教材之一,自然,本书以宝钢材料为

主,同时对近代技术的进展也做了介绍。考虑到产品质量的重要性,我们专门编写了“质量控制与管理”一章。限于篇幅,关于冷轧带钢的涂镀技术将以另册专门出版,它由宝钢和钢研总院合编。此外,对冷轧理论也不过多介绍,因为中国金属学会继续教育丛书“冷轧板带生产”一书对其已有详尽论述。本书只限定宽带钢的生产技术,窄带钢生产技术将另行出版。

本书是宝钢冷轧厂和北京科技大学压力加工系合编的,也是两个单位紧密合作的一个成果。尽管本书三易其稿,由于技术发展迅速和编者水平所限,错误或不当之处在所难免,望读者提出批评、指正。

编者
1997年7月

目 录

第一章 冷轧宽带钢生产概论.....	(1)
第一节 冷轧宽带钢种类、用途及需求量	(1)
第二节 冷轧宽带钢生产发展状况	(22)
第三节 冷轧宽带钢生产工艺流程	(46)
第四节 冷轧厂的组成	(50)
参考文献	(63)
第二章 原料及除鳞	(64)
第一节 冷轧坯料	(64)
第二节 除鳞	(71)
第三节 酸洗机组组成	(88)
第四节 环境及废酸处理.....	(119)
参考文献.....	(124)
第三章 冷轧.....	(125)
第一节 冷轧板带生产的特点.....	(125)
第二节 现代冷轧机.....	(127)
第三节 冷轧压下规程的制定及优化.....	(148)
第四节 冷轧轧制润滑.....	(175)
第五节 轧制缺陷.....	(190)
第六节 轧辊.....	(199)
参考文献.....	(204)
第四章 退火.....	(206)
第一节 概述.....	(206)
第二节 冷加工钢材的再结晶和二次再结晶退火.....	(208)

第三节 罩式炉退火(周期退火)·····	(213)
第四节 连续退火炉(CAPL 机组)·····	(235)
参考文献·····	(251)
第五章 冷轧带钢的平整与精整·····	(252)
第一节 冷轧带钢的平整·····	(252)
第二节 冷轧带钢的精整·····	(272)
参考文献·····	(306)
第六章 冷轧厂电气传动及自动控制·····	(307)
第一节 冷轧厂的电气传动·····	(307)
第二节 冷轧厂的计算机控制系统·····	(314)
第三节 冷轧典型控制系统分析·····	(321)
第四节 冷轧平整机纠偏控制·····	(335)
第五节 自动控制仪表及检测·····	(338)
参考文献·····	(341)
第七章 冷轧生产管理·····	(342)
第一节 冷轧生产管理概述·····	(342)
第二节 冷轧生产管理系统·····	(345)
第三节 冷轧厂的生产工艺管理·····	(357)
第四节 冷轧厂的质量管理·····	(366)
参考文献·····	(373)
第八章 冷轧宽带钢产品性能检验·····	(374)
第一节 性能检验及标准·····	(374)
第二节 力学性能检验·····	(386)
第三节 工艺性能检验·····	(405)
第四节 宝钢冷轧宽带钢产品性能的检验·····	(420)
参考文献·····	(435)
第九章 质量控制及管理·····	(436)
第一节 对产品质量的要求及限定·····	(437)
第二节 产品几何精度影响因素分析·····	(456)

第三节	产品几何精度控制工艺原理·····	(484)
第四节	板形综合治理·····	(518)
第五节	质量管理·····	(535)
	参考文献·····	(547)
第十章	技术经济指标·····	(549)
第一节	冷轧带钢产量·····	(549)
第二节	作业率·····	(552)
第三节	成材率·····	(553)
第四节	单位消耗·····	(555)
第五节	综合技术经济指标·····	(559)
	参考文献·····	(562)

第一章 冷轧宽带钢生产概论

第一节 冷轧宽带钢种类、用途及需求量

一、冷轧宽带钢种类、用途及性能要求

冷轧宽带钢在国民经济中占有十分重要的位置。随着汽车制造、船舶、交通、机电工业、房屋建筑、食品罐头、精密仪表、容器包装等工业的迅速发展,以及家用电器和各种日常生活用具的大量需求,对冷轧宽带钢的需求量也迅速增长。

冷轧宽带钢的产品品种很多,国家标准作了相应的规定(见表1-1)。需求量最大的有普板(包括CQ、DQ、DDQ等不同深冲级别的冷轧板)、涂镀层板和电工硅钢板三大类^[1]。

表 1-1 冷轧宽带钢的品种和分类

冷轧钢板品种	厚度范围 (mm)	宽度范围 (mm)
普通薄钢板	0.2~4.0	500~1 500
合金结构钢板	0.2~4.0	500~1 500
深冲钢板	0.8~3.0	~2 000
弹簧钢板	0.7~4.0	500~1 500
不锈钢板	0.5~4.0	500~1 500
电工硅钢板	0.1~1.0	600~1 000
纯铁薄板	0.2~4.0	500~1 500
酸洗钢板	0.25~2.0	400~1 000
镀锌钢板	0.35~1.5	400~1 000
镀铅钢板	0.5~0.8	600~1 000
镀锡钢板	0.15~0.55	550~1 100

各种冷轧宽带钢还可按制造精度、表面状态、表面颜色、边缘状态、用途、材料状态、机械性能和表面质量等方面进行分类。

冷轧宽带钢按用途可分为如下几类(见表 1-2)。

表 1-2 冷轧宽带钢的用途和性能分类

品 种	用 途	性能要求
深冲板(一般为优质低碳结构钢)	汽车钢板	在冷状态下钢板具有较好的加工和焊接性能
镀锡钢板(一般为铝镇静钢和超低碳钢)	罐头食品工业、制盒、玩具、日用品	具有良好的深冲性能、很好的耐腐蚀性、良好的外观质量
冷镀锌板	建筑工业、容器等日用品工业	抗大气腐蚀性能较好,表面美观,加工性能也较好
镀铝板	热处理炉内罩及热气流导管	耐高温氧化性能好
镀铅板	汽车油箱	对汽油有很好的耐蚀性
搪瓷板(08Al, 08F, SPCC, St12)	日常生活用品、工业及特种用途	深冲成型性好,强度高,需求搪瓷粘附性的抗鳞爆好,烧结变形小
塑料覆层板	车辆、船舶、建筑器具等制造业	有良好的耐酸、耐蚀等塑料固有性能,可与基体同时冲压、焊接
电工硅钢板(含 Si 0.5%~5%)	制造电机、电器和变压器铁芯的材料	导磁率高,铁损低,板形好,尺寸差小,表面带有优良的绝缘薄膜
不锈钢板	石油设备维修、船舶装饰、建筑装修	表面质量要求较高

随着我国钢铁工业与国际市场接轨,有些产品要求按照国际标准进行生产。例如,宝钢 2 030 冷轧厂的产品标准就同时采用了日本 JIS 标准(Japanese Industrial Standard)和德国 DIN 标准(Deutsche Industrie Norm)。因此,在这里我们简要介绍一下日本 JIS、德国 DIN 标准对冷轧薄板及镀层钢板的命名方法^[2],以便读者了解、对照。

日本 JIS 标准

SPCC、SPCD、SPCE: 冷轧碳素钢板与钢带, 钢号末尾“C”、“D”、“E”分别表示一般用、冲压用和超深冲用。对保证拉伸试验

值或杯突试验值的板带,在钢号末尾再附加“T”,例如 SPCCT;对保证无时效性的材料,在钢号末尾再附加“N”,例如 SPCEN。

SAXC、SAXD、SAXE;热镀锌钢板与钢带,钢号末尾“C”、“D”、“E”分别表示一般用、冲压用和超深冲用。

SECC、SECD、SECE、SEHC、SEHD、SEHE;电镀锌钢板与钢带,钢号末尾“C”、“D”、“E”表示冷轧板,“H”表示热轧板。

我国冷轧产品习惯用 CQ(一般用)、DQ(深冲用)、DDQ(超深冲用)表示。

德国 DIN 钢号可采用按照材料强度或化学成分来表示。我国目前采用的是按照材料强度表示的钢号。钢号的主体由“St”(Stahl 的缩写)字母和抗拉强度下限数值组成。如 St34,其抗拉强度不小于 340 MPa(34 kgf/mm²)。

产品不断完善及新产品的研究开发是冷轧技术进步的原动力。对产品的精度、平整度、工艺性能(如冲压性能、焊接性能等)及使用性能(如电磁性能、机械性能等)提出日益苛刻的要求,推动着冷轧生产达到现在这样高度现代化的水平。

汽车板、镀锡板、冷轧硅钢片等是冷轧宽带钢生产的典型产品,它们不仅需求量大,而且质量要求甚高,现代冷轧生产厂家都把生产它们作为追求目标。

1. 汽车板

战后汽车工业一直是支柱产业,西方高速经济发展期的汽车工业也高速发展。1995 年起,世界汽车产量以每年 3.5% 的速度递增,现在世界汽车年生产能力约为 5 000 万辆,汽车保有辆约 5 亿辆。我国汽车工业发展较晚,1996 年全国汽车产量约 150 万辆,其中轿车 50 万辆。预计到 2000 年,全国汽车产量为 343 万辆,轿车 123 万辆。1996 年全国汽车用钢板 145 万吨,预计 2000 年将需 300 万吨以上。

由于汽车生产的集约化及其制造技术的发展,对钢板的需求不断提高。它要求良好的平直度和尺寸精度,要求良好的成型性

能和连接性能,要求良好的涂装性能及高耐蚀性,而且还要求高的抗变形能力。为此,钢铁企业开发了深冲、高强度、镀层及特殊用板不同系列(见表 1-3)。

表 1-3 现代汽车板产品品种发展趋势一览表

产品品种系列	产品类型	代表钢种主要性能	用于汽车的主要部件	发展趋势
深冲系列	商用(CQ)级 冲压(DQ)级 深冲(DDQ)级	低碳铝镇静钢 (第二代冲压用钢) 具有优良的冲压成型性能	(主要用于)汽车的 内外覆盖件	日本、韩国已大量以 IF 钢取代 低碳铝镇静钢产品,这是发展 趋势
	超深冲— (EDDQ)级 特超深冲— (SEDDQ)级	超低碳无间隙原子 (IF)钢(第三代冲压 用钢)具有极好的冲 压成型性能		
强度系列	固溶强化型	钢中加磷使铁素体 固溶强化,屈服强度 250~350 MPa	适于制造 汽车的门、 盖、护板等 难成型的 部件,及变 形量较小 的冲压件 和覆盖件	汽车轻量化是 发展的目标和 趋势,要求汽车 板减薄而强度 提高:车身板厚 由 1.0~1.2 mm 降至 0.7~ 0.8 mm,则其 车身重减少 15%~20%,节 油 8%~15%, 且抗冲击能力 提高 10%~ 20%,抗扭曲能 力增加 10%~ 20%。
	烘烤硬化型	将汽车生产工艺与 冶金机理相结合,综 合性能良好的材料, 具有低的屈服强度, 成型后涂漆烘烤而 屈服强度提高 30~ 80 MPa,其成品的刚 度和抗凹陷性能佳		
	弥散强化型	钢中加适量合金元 素,屈服强度 700 MPa,成型性能较差	适于制造 汽车的结 构部件	
	相变强化型	双相钢,具有低的屈 服强度、高的加工硬 化指数,成型性能 好,抗拉强度变化范 围大,最高达 1 000 MPa		